



# Elementi di bioenergetica

*L'uomo è paragonabile a una  
macchina e come tale necessita di  
un "combustibile" per le funzioni  
vitali*

Le immagini sono prese da vari siti internet, se qualcuno ne rivendica l'esclusività o la proprietà invii un'e-mail a [gaetano.irace@unina2.it](mailto:gaetano.irace@unina2.it) e queste verranno rimosse.

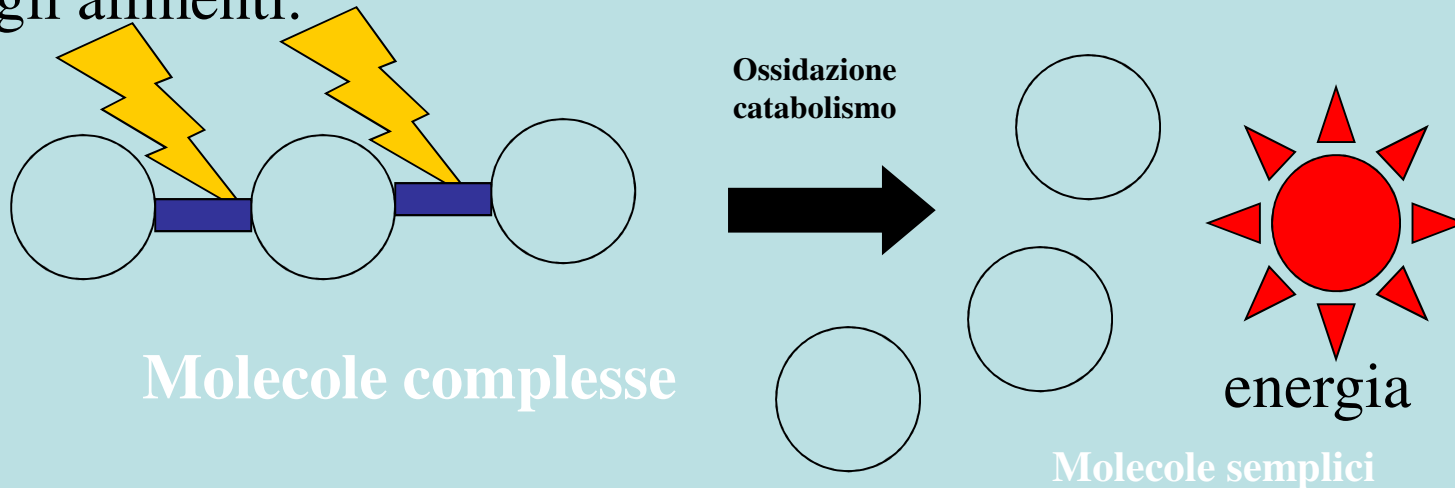


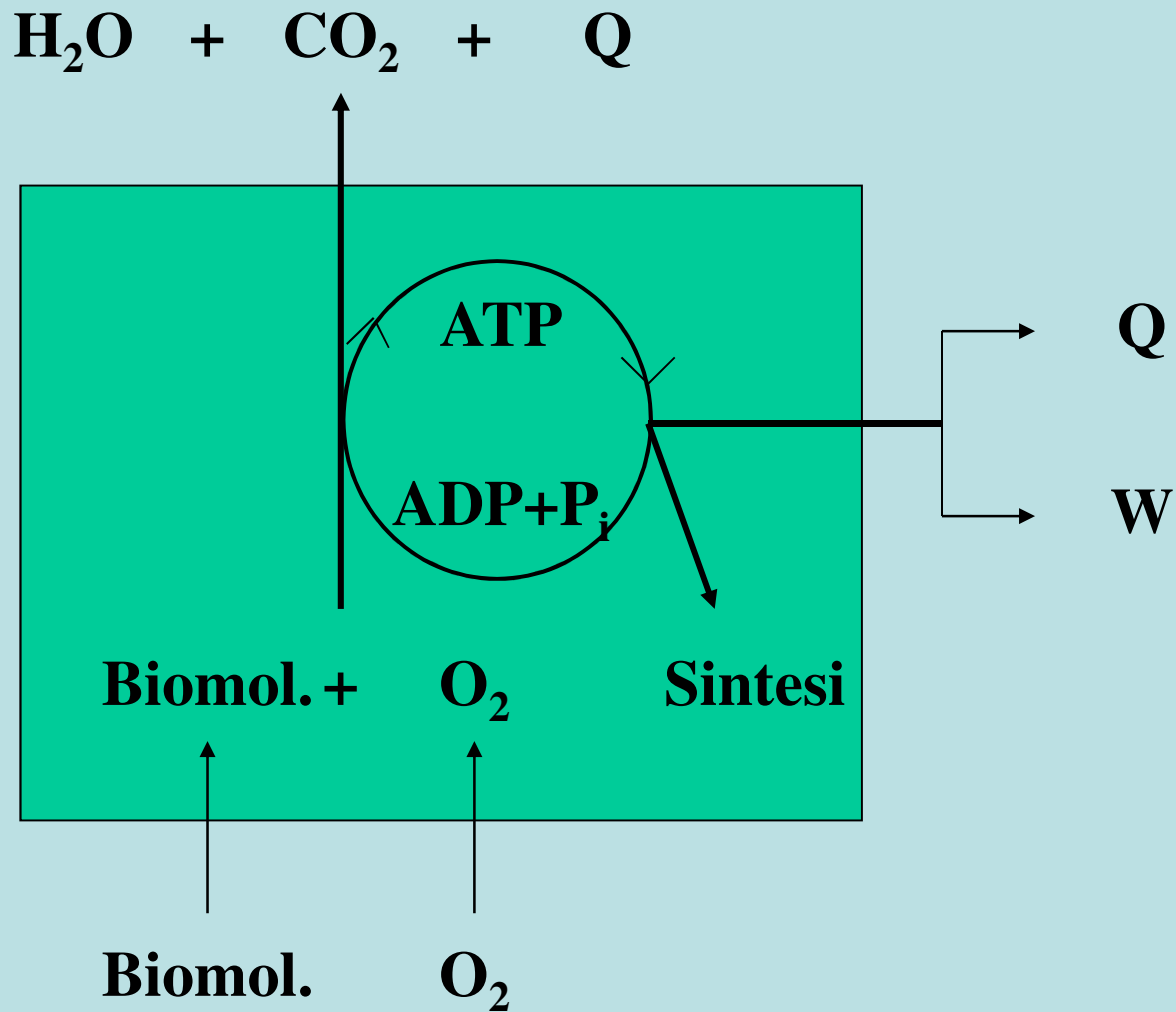
# Nutrienti = energia chimica

Il combustibile per la macchina del nostro corpo è il **cibo**, un insieme di biomolecole che bruciando liberano energia.



Le cellule utilizzano l'energia che si sprigiona dalla rottura dei legami chimici presenti nelle biomolecole contenute negli alimenti.





Una parte dell'energia liberata durante l'ossidazione viene utilizzata per produrre ATP, che può svolgere diverse funzioni all'interno delle cellule; il resto viene trasformato in calore.



Per valutare il fabbisogno energetico di un individuo espresso in quantità di alimenti o principi nutritivi occorre conoscere:

- Il contenuto energetico degli alimenti
- La quantità di energia che l'organismo consuma nelle 24 ore



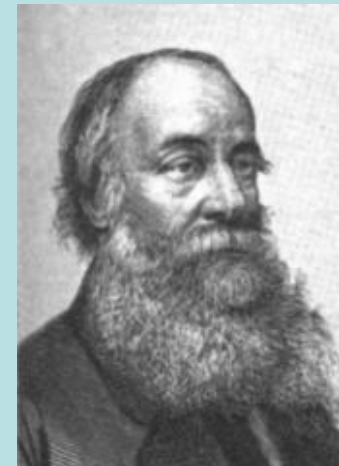
# Unità di misura dell'energia

- La kcal è l'energia necessaria ad innalzare di un grado la temperatura di un kg di acqua. Le kilocalorie esprimono sia l'energia che ci forniscono gli alimenti sia l'energia che l'organismo consuma durante le varie attività e funzioni.
- Sulle etichette il contenuto energetico degli alimenti è indicato in kcal (kilocalorie),  $1 \text{ kcal} = 1000 \text{ cal}$ , oppure in kJoule
- Il Joule è l'energia necessaria a spostare di un metro una massa di un kg impartendo un'accelerazione di  $1 \text{ m/s}^2$ .
  - ❑  $1 \text{ J} = 0,24 \text{ cal}$
  - ❑  $1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$
  - ❑  $1 \text{ kJ} = 0,24 \text{ kcal}$
  - ❑  $1 \text{ kcal} = 4,18 \text{ kJ}$

**James Prescott Joule**

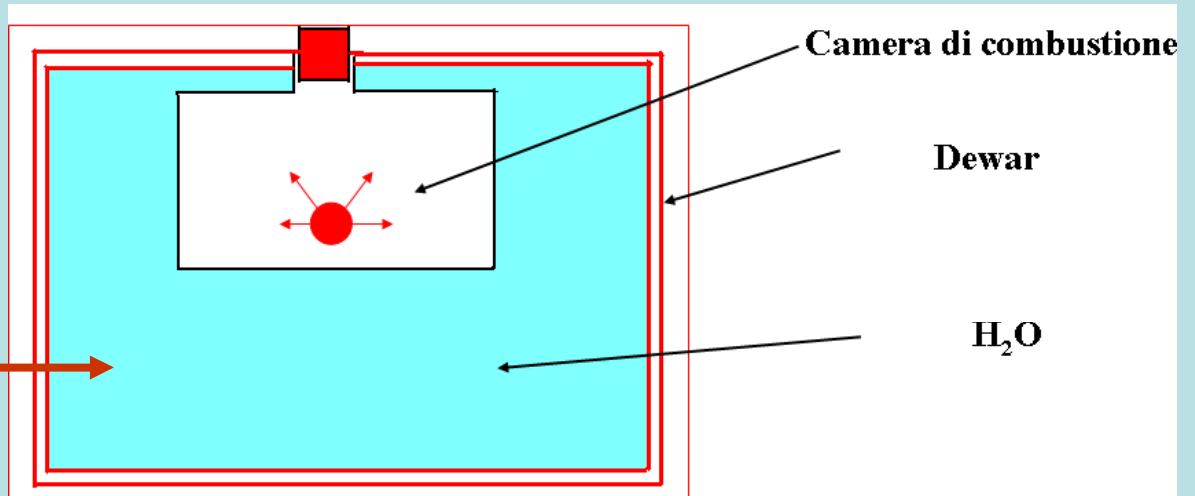
24/12/1818 - 11/10/1889

*Fisico inglese tra i fondatori della moderna termodinamica*



# Energia degli alimenti

La determinazione del potere calorico degli alimenti (espresso in **Calorie** o **Kcalorie**) è misurata per mezzo della **bomba calorimetrica**, formata da una camera contenente la sostanza in esame e ossigeno. Bruciando il cibo in esame, si determina liberazione di calore, che viene ovviamente misurato.



$Q$  = calore scambiato  
 $m_{\text{H}_2\text{O}}$  = massa H<sub>2</sub>O  
 $C$  = calore specifico H<sub>2</sub>O  
 $\Delta T$  = variazione termica H<sub>2</sub>O

$$Q = m_{\text{H}_2\text{O}} C \Delta T$$

# Energia dagli alimenti

- **Nell'organismo però non tutti i principi nutritivi vengono completamente ossidati, infatti, mentre nella bomba calorimetrica tutto l'azoto viene ridotto prima ammoniacca (dalla quale non è più possibile estrarre energia), nell'organismo viene trasformato in urea ed altre sostanze dalle quali è possibile ottenere (seppur in piccola misura) ancora dell'energia.**

<b>Principi nutritivi</b>	<b>Nella bomba calorimetrica</b>	<b>Nell'organismo</b>
<b>Glucidi</b>	<b>4,1 Calorie/g</b>	<b>4 Calorie/g</b>
<b>Lipidi</b>	<b>9,3 Calorie/g</b>	<b>9 Calorie/g</b>
<b>Protidi</b>	<b>5,6 Calorie/g</b>	<b>4 Calorie/g</b>

**LA CALORIMETRIA DIRETTA** si basa sul  
I principio della termodinamica, per cui:  
**“ l’energia non può essere né creata né  
distrutta ma solo trasformata”**

$$E_{in} = E_{out}$$



**Digiuno**

**Confort**

**Riposo**

$$\cancel{E} = \cancel{R} + \cancel{C} + \cancel{W} + Q$$

$$0 = R + Q = \text{MR}$$

**Spesa energetica per lavoro di trasporto, chimico e meccanico interno**

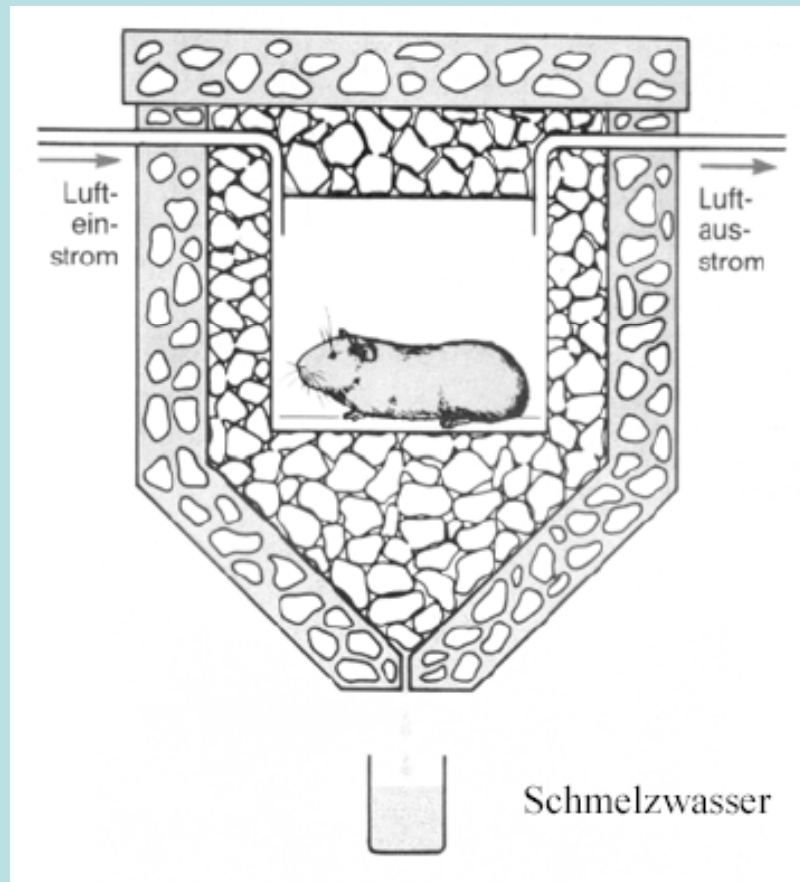
**La CALORIMETRIA DIRETTA misura il dispendio energetico a partire dalle perdite di calore**

$$\text{MR (metabolic rate)} = Q + R$$

**Q (calore perso)**

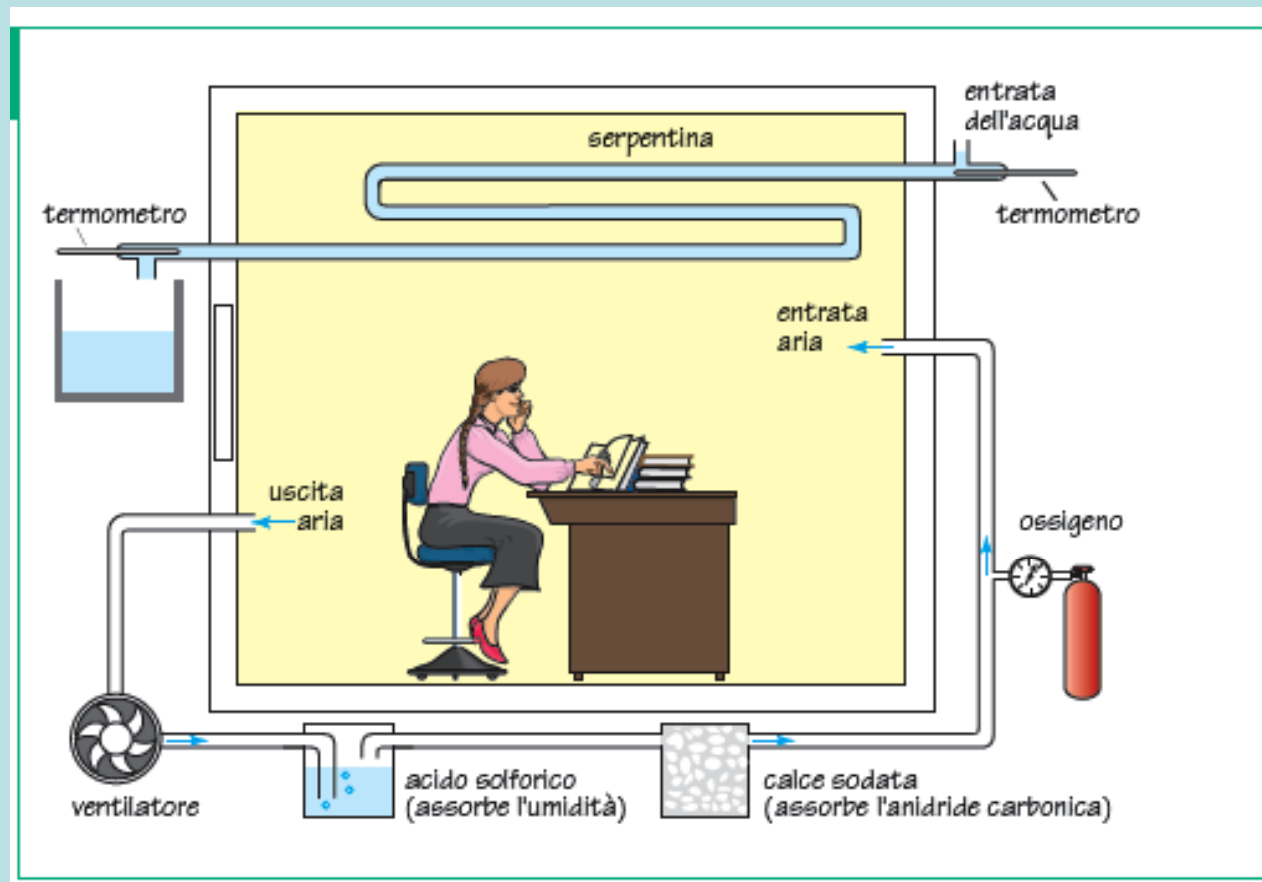
**R (energia utilizzata nei processi di base)**

# Calorimetria diretta



**Antoine Laurent  
de Lavoisier  
( 1743-1794)**





**Schema del calorimetro di Atwater-Benedict**

$$\text{METABOLISMO BASALE} = \text{M.B.} = \text{kcal/24 h} = \frac{[\text{Energia spesa}]}{\Delta t}$$

- a digiuno;
- posizione orizzontale, a riposo;
- temperatura ambiente confortevole.

$$\text{J/s} = \text{W}$$



W/kg

W/m<sup>2</sup>

## Fattori che influenzano il consumo metabolico

- età

- sesso

- massa muscolare

- attività fisica

- dieta

- ormoni

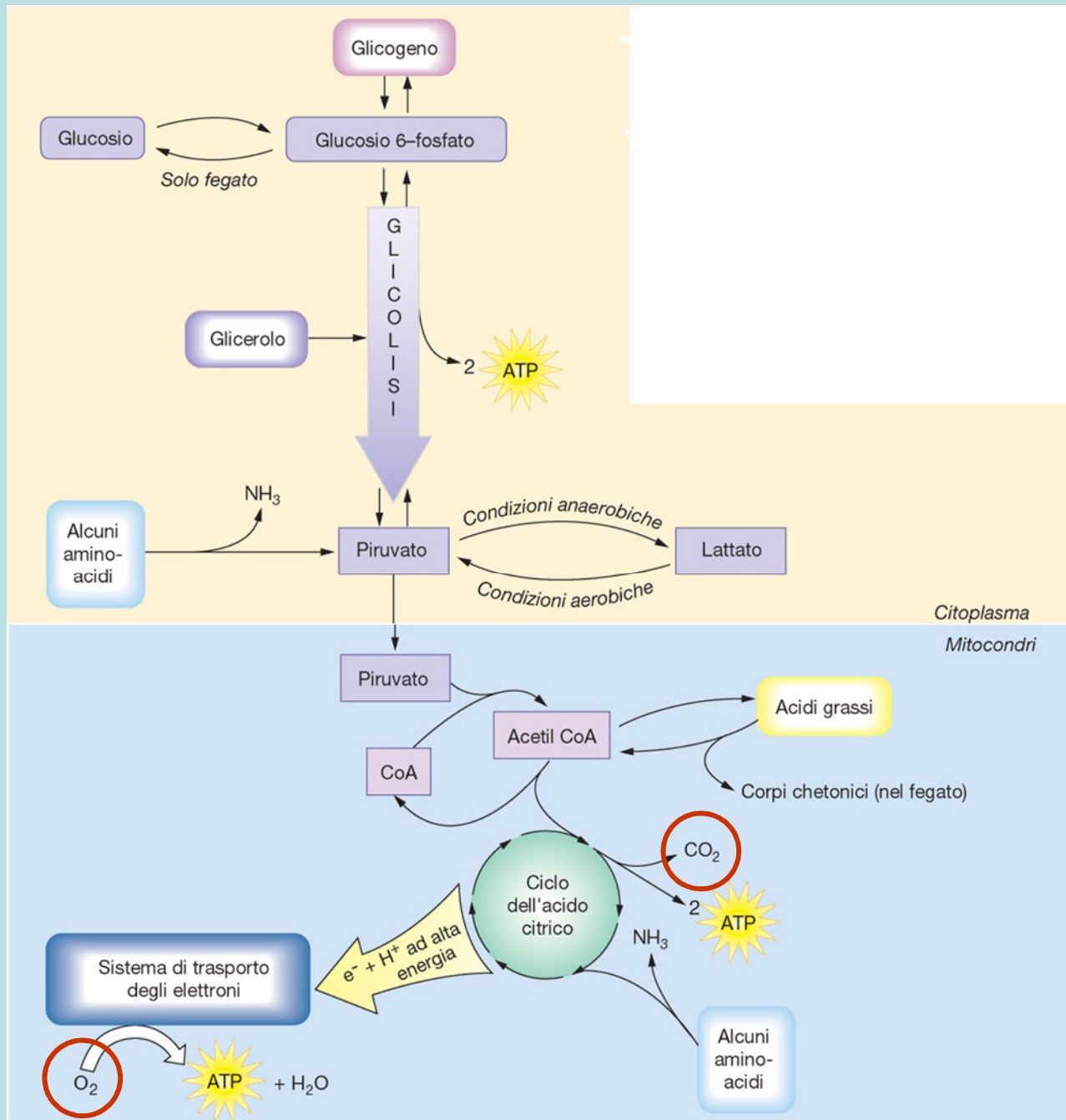
- fattori genetici

maschio adulto, 65 kg  
~ 2000 kcal/die  $\approx$  8400 kJ/die

**La CALORIMETRIA INDIRECTA**  
stima la spesa energetica valutando in un  
determinato periodo di tempo la variazione  
di concentrazione dell'ossigeno e  
dell'anidride carbonica nei gas respiratori e  
l'escrezione urinaria di azoto

## **Presupposti del metodo indiretto :**

- che tutto l'O<sub>2</sub> sia completamente e rapidamente utilizzato nei processi ossidativi;**
- che tutta la CO<sub>2</sub> espirata derivi dalla completa combustione dei substrati;**
- che tutto l'N urinario derivi dalla degradazione delle proteine.**

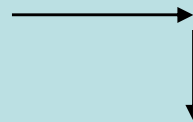


# CALORIMETRIA INDIRECTA

**Energia consumata = Energia (combustione CHO) + Energia (combustione lipidi) +  
Energia (combustione proteine)\***



**\* 5% circa del consumo totale**



**Energia consumata = Energia (combustione CHO) + Energia (combustione lipidi) +**



**Energia consumata =  $F_G V_{(O_2)} 5,05 \text{ kcal/L} + F_L V_{(O_2)} 4,65 \text{ kcal/L}$**

$$F_G + F_L = 1$$

## Energie di combustione

**Glicidi**



4,1 kcal/g

5,05 kcal/L<sub>O2</sub>

**Lipidi**



9,3 kcal/g

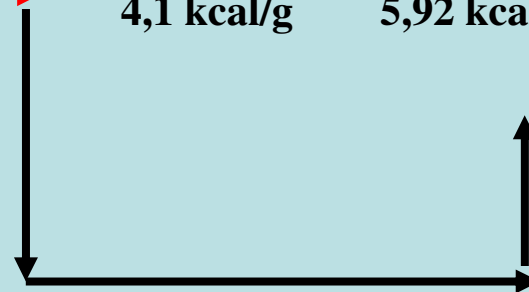
4,65 kcal/L<sub>O2</sub>

**Proteine**



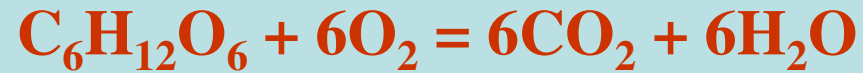
4,1 kcal/g

5,92 kcal/g<sub>N2</sub>

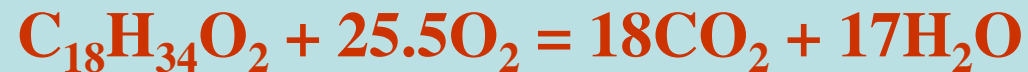


Contenuto N<sub>2</sub> urina

## Quoziente Respiratorio (QR)



$$\text{QR} = \frac{[\text{CO}_2]}{[\text{O}_2]} = 1$$

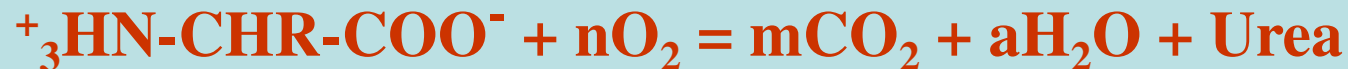


$$\text{QR} = 18/25.5 = 0.707$$

$$\text{QR } [\text{O}_2] = [\text{CO}_2]$$

$$[\text{O}_2]_G = [\text{CO}_2]_G$$

$$0.707 [\text{O}_2]_L = [\text{CO}_2]_L$$



# IL QUOZIENTE RESPIRATORIO

$$QR = \frac{[CO_2]}{[O_2]}$$

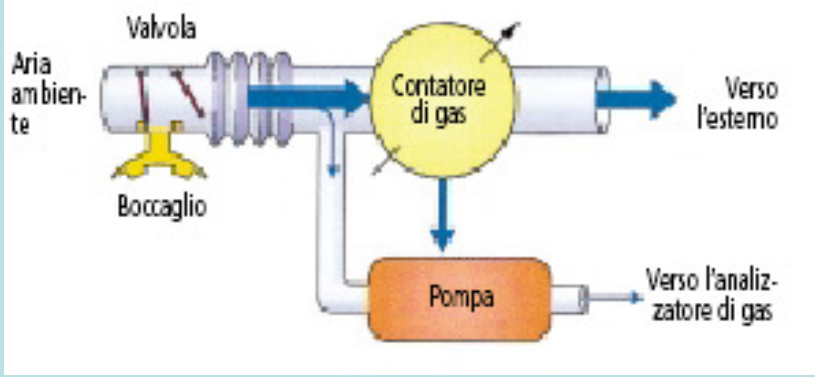
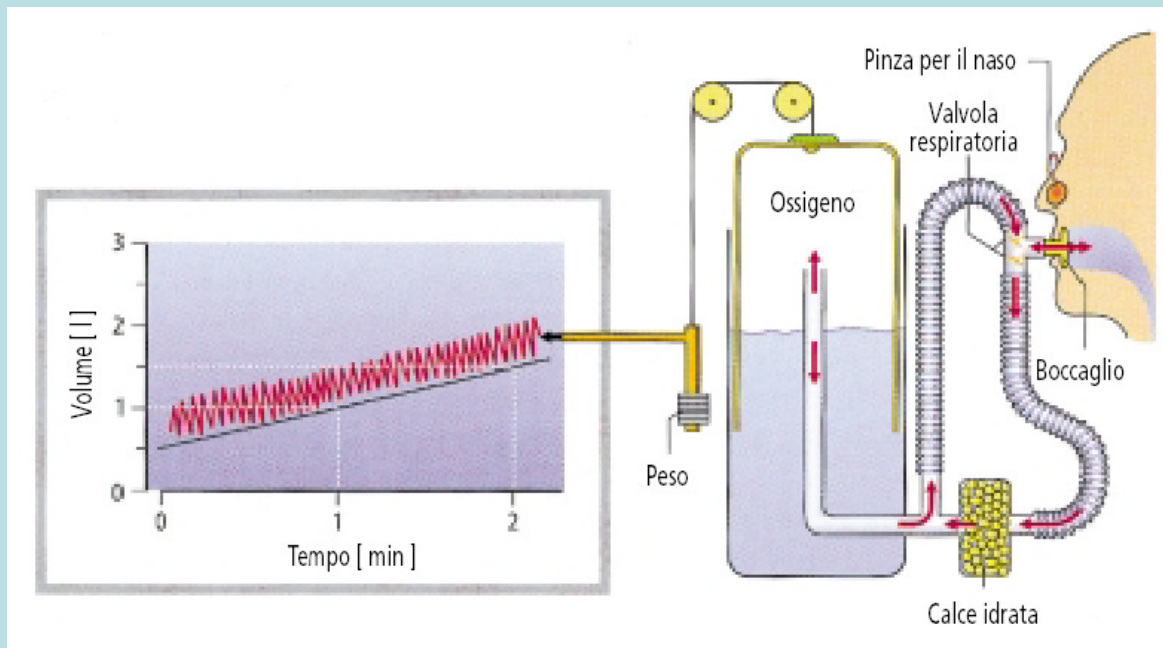
## **VALORI QR**

**QR =1 ossidazione glucidi**

**QR= 0,7 ossidazione dei lipidi**

**QR=0,8 ossidazione proteica**

**in condizioni di digiuno e in condizioni fisiologiche  
il QR assume un valore intermedio di 0,82**



$$F_G + F_L = 1$$

$$QR = [\text{CO}_2] / [\text{O}_2]$$

$$QR = ([\text{CO}_2]_G + [\text{CO}_2]_L) / [\text{O}_2]$$

$$[\text{CO}_2]_G = (QR)_G F_G [\text{O}_2] = F_G [\text{O}_2]$$

$$[\text{CO}_2]_L = (QR)_L F_L [\text{O}_2] = 0,707 F_L [\text{O}_2]$$

$$QR = (F_G + 0,707 F_L)$$

## CALORIMETRIA INDIRECTA

<b>Q.R.</b>	<b>1.0</b>	<b>0.9</b>	<b>0.82</b>	<b>0.8</b>	<b>0.7</b>
<b>kJ/L<sub>O2</sub></b>	<b>21.1</b>	<b>20.6</b>	<b>20.2</b>	<b>20.1</b>	<b>19.6</b>
<b>Kcal/L<sub>O2</sub></b>	<b>5.05</b>	<b>4.93</b>	<b>4.83</b>	<b>4.81</b>	<b>4.69</b>

# **FATTORI ENDOGENI ED ESOGENI CHE INFLUENZANO IL QUOZIENTE RESPIRATORIO**

**ASSUNZIONE CARBOIDRATI**

**RISERVE DI GLICOGENO**

**PERDITA O INCREMENTO DI PESO**

**BILANCIO ENERGETICO**

**ESERCIZIO MUSCOLARE**

**PROCESSI METABOLICI**

**COMPOSIZIONE CORPOREA**

**E' importante per una corretta interpretazione metabolica che la valutazione del QR avvenga in condizioni di **STEADY-STATE** che corrisponde ad un equilibrio di scambi respiratori di O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>**



## **MODALITA' DI ESECUZIONE DELL'ESAME** **(paziente ambulatoriale)**

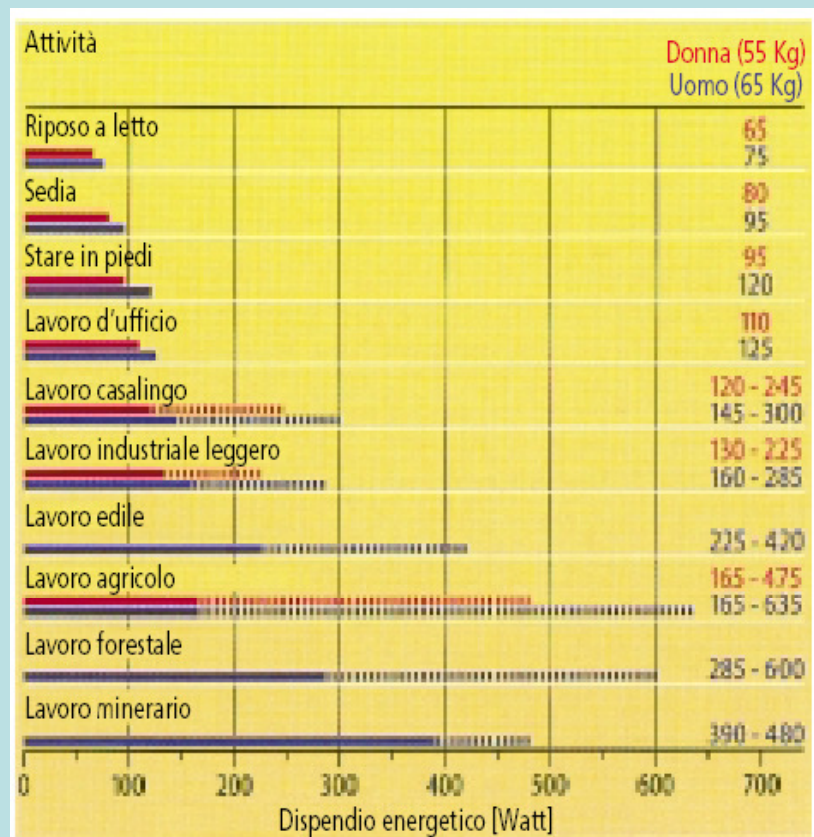
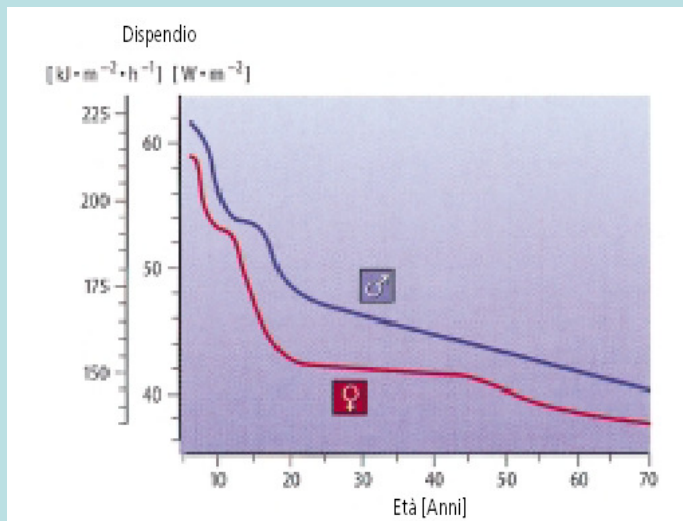
- digiuno da almeno 12 ore (evitare pasti abbondanti )**
- condizioni di termoneutralità (20 °-27°C)**
- paziente non stimolato emotivamente**
- raggiungimento dello STEADY-STATE**
- durata esame almeno 30-40 minuti**

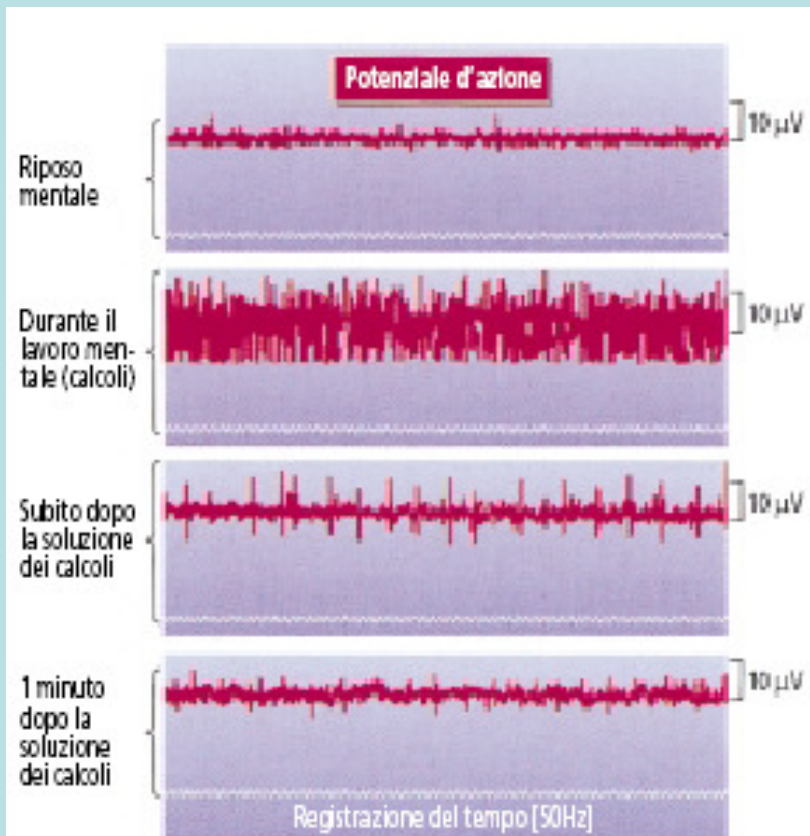
**La calorimetria indiretta rappresenta per il nutrizionista uno strumento non invasivo indispensabile sia sotto il profilo diagnostico che terapeutico per la risoluzione di alcune problematiche nutrizionali**

# Fabbisogno energetico totale giornaliero

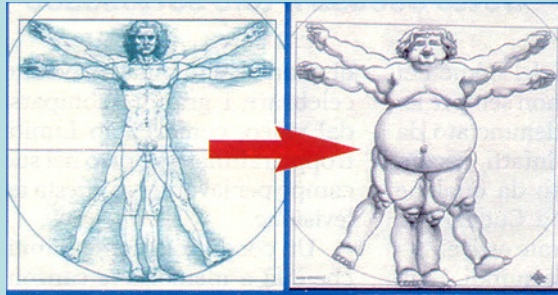
Si compone di

- **Metabolismo basale** (necessità di energia in uno stato di completo riposo fisico, mentale e digestivo)
- **Fabbisogno energetico di attività**
- **Termogenesi**
- **Azione dinamica specifica degli alimenti**





*Fig. 29-1. Aumento riflesso del tono muscolare durante il lavoro mentale (calcolo). Dai potenziali muscolari derivati dall'avambraccio (EMG) si rileva chiaramente l'aumento dell'attività muscolare durante il lavoro mentale.*



**La vita è una lenta combustione ...**

**Antoine Laurent de Lavoiser**